黄土高原生态工程的生态成效*



刘国彬[1,2]　上官周平[1,2]　姚文艺[3]　杨勤科[4]　赵敏娟[2]　党小虎[5]　郭明航[1,2]　王国梁[1,2]　王　兵[1,2]

1 中国科学院水利部水土保持研究所　杨陵　712100
2 西北农林科技大学　杨陵　712100
3 黄河水利科学研究院　郑州　450003
4 西北大学　西安　710127
5 西安科技大学　西安　710054

摘要　黄土高原是世界上水土流失最严重的地区，也是我国水土保持和生态建设的重点地区。20世纪80年代以后，国家在该地区先后开展了小流域治理工程、水土保持重点工程、退耕还林（草）工程、淤地坝建设和坡耕地整治等一系列生态工程，对土壤侵蚀控制、生态建设等均起到了良好作用。为全面评价该地区生态工程的生态成效，以野外站不同尺度监测及生态系统关键过程长期研究为基础，利用多种模型和统计分析方法，在地块—小流域—行政区和典型生态工程—典型样区—侵蚀和地貌区等不同尺度上，对土地利用和植被覆盖变化、土壤侵蚀动态变化、河流径流和输沙量动态变化以及社会经济结构动态变化进行了综合分析与评估。结果表明，黄土高原地区水土流失范围明显缩小、水土流失程度显著减轻，区域生态状况向良性发展、社会经济发展迅速。但局部地段（如陡坡耕地）水土流失仍然严重、生态环境仍然比较脆弱，治理形势依然严峻。据此，从该地区生态建设的内容、学科建设重点、监督和政策机制、产业结构调整等方面提出了该地区生态工程后期建设的方向和对策。

关键词　黄土高原，水土保持，生态建设，生态效益，退耕还林（草）

DOI　10.16418/j.issn.1000-3045.2017.01.002

1 前言

黄土高原地区位于我国中北部，其范围包括青海、甘肃、宁夏、山西、内蒙古、陕西和河南7个省（区）的全部或部分地区，总面积约64万 km^2，占全国陆地总面积的6.67%。黄土高原是世界上水土流失最严重的地区，是我国生态问题集中体现的地区，也是我国水土保持和生态建设的重点地区。

黄土高原地区水土流失影响着黄河的生态安全，长期制约区域经济社会可持续发展。

*资助项目：中科院科技服务网络计划（STS计划）项目（KFJ-EW-STS-005）
修改稿收到日期：2016年7月5日

民国时期，李仪祉、张含英等人先后主持的黄委会就十分重视黄河上中游的水土保持，学者们也开展了水土保持研究。建国以后，国家对水土保持工作愈发重视，将其纳入了国民经济建设的轨道。20世纪80年代后，全国的水土保持工作开始了新的发展历程，先后开展了小流域治理、七大江河水土保持重点工程、全国“八大片”治理（黄土高原有无定河、皇甫川、三川河等）、“三北”防护林建设等[1]。后来开展的退耕还林（草）工程、淤地坝建设和坡耕地整治等一系列大型生态工程，对土壤侵蚀控制、生态建设等均起到了良好作用。与此同时随着社会经济发展和城镇化水平提高，人们对环境的干扰也在逐渐减轻。这些都导致了地区生态和环境的明显变化[2-4]，如植被覆盖度增加、黄河输沙量减少、居民生活得到明显改善。

为全面掌握黄土高原地区生态环境状况的动态变化，2014年开始，中科院组织开展了黄土高原生态工程生态成效综合评估工作。本项评估工作以黄土高原地区相关野外站的不同尺度监测及生态系统关键过程长期研究为基础，以遥感解译成果数据（表1）、社会经济年鉴、水文气象观测数据等为基础，以一组指标测度体系（包括治理措施、土地利用、植被覆盖、土壤水分、土壤侵蚀、径流泥沙、粮食和收入等）为对象，利用多种模型（如土壤侵蚀模型RUSLE/CSLE、植物生长模型DSSAT、土壤水分模型模拟和植被承载力模型SWCCV、土壤有机碳模型RothC等）和统计分析方法（包括DPSIR概念框架、TOPSIS熵权法、向量自回归模型和结构方程等），在地块/农户、小流域/典型生态工程/典型样区、行政区/侵蚀和地貌区等多种尺度上，对土地利用和植被覆盖变化、水土保持与生态建设进展、治理过程中河川径流、土壤侵蚀强度和社会经济变化等进行综合分析与评估，形成黄土高原生态工程成效评估报告以及工程后期建设方向与可持续经营管理建议。

2 水土保持与生态治理的成效

2.1 生态治理措施面积核查与动态变化

通过对黄河上中游地区186个县级行政单元2000—2012年历年统计的水土保持措施数据整理和核查，得到该区逐年的水土保持措施总面积（表2），目前潼关以上地区保存各类水土保持措施面积约1 474万hm^2，其中梯田面积为349万hm^2、人工林面积为747万hm^2、人工草地面积为258万hm^2、坝地18万hm^2、封禁治理面积为102万hm^2。

2000年以来，黄河上中游地区梯田面积逐年增加，尤其是2000—2006年增加较快，2007年以后逐年增幅趋于稳定；林地面积自2000年以来逐年增加，至2010年增至最大值748.79万hm^2，之后林地面积趋于相对稳定；2000年以来，草地面积逐年增加，其中2000—2007年增长缓慢，之后快速增长至2011年，随后增幅放缓；坝地面积呈先增大后减小的趋势，于2007年增至最大值21.44万hm^2，后坝地面积逐年减小至2011年，后

表1 土地利用数据基本情况

时间	数据基础	分辨率/比例尺	来源
1975年	Landsat MSS	栅格格式/80 m分辨率	水土保持所机助分类结果；耕地、林地、草地、居民地、水域、难利用地6类
1997年	Landsat TM	栅格格式/30 m分辨率	同上
1986年	Landsat TM	1:50万	中科院地理所科学与资源所，人工目视解译，1:50万图；水土保持所数字化；8个一级类（共29个二级类，个别分三级类）
1980年、1995年、2000年	Landsat TM	1:10万	中科院地理所科学与资源所（“973”项目共享数据）；人工目视解译，1:10万图；分类系统同1986年
2010年	Landsat TM	1:10万	中科院遥感与数字地球所（STS项目共享）；机助分类后矢量化，每个省以县界为依据分割成1—4个图幅单元

表 2 黄河上中游地区水土保持措施面积（2000—2012年） 单位：hm^2

年份	梯田	人工林	人工草	坝地	封禁治理
2000	2 989 583	5 439 562	1 129 242	185 125	703 025
2001	3 018 006	5 626 139	1 180 396	186 571	744 284
2002	3 127 109	5 942 315	1 251 785	195 022	901 574
2003	3 187 173	6 353 727	1 340 012	199 600	973 949
2004	3 249 599	6 688 022	1 400 168	204 215	938 409
2005	3 315 377	6 930 351	1 455 666	209 275	1 040 659
2006	3 376 576	7 124 452	1 510 179	211 742	1 004 843
2007	3 408 842	7 318 927	1 510 064	214 437	1 011 252
2008	3 415 145	7 383 969	1 881 860	214 139	1 014 532
2009	3 423 730	7 471 440	2 102 674	206 366	1 014 687
2010	3 458 880	7 487 907	2 330 178	195 264	1 014 842
2011	3 472 442	7 222 939	2 512 108	186 180	1 009 897
2012	3 493 737	7 467 613	2 578 059	184 708	1 018 281

趋于相对稳定；封禁治理面积自 2000 年起增长较快，于 2005 年达到最大值 104.07 万 hm^2，后趋于相对稳定。

2.2 土地利用动态变化

对 20 世纪 70—80 年代、90 年代、2000 年和 2010 年 4 个时段土地利用结构变化进行分析表明，近 40 年来黄土高原土地利用变化特征如图 1、图 2 所示。

（1）耕地先增加后减少。由 20 世纪 70—80 年代的17.96 万 km^2 增加到 90 年代的 19.67 万 km^2、2000 年达 20.64 万 km^2，到 2010 年减少至 19.98 万 km^2，占全区面积的比例分别为 28.7%、31.47%、33.00% 和 31.83%。

（2）林地持续增加。由 20 世纪 70—80 年代的 7.38 万 km^2 增加到 90 年代的 7.72 万 km^2、2000 年增至 9.25 万 km^2，2010 年增至 12.35 万 km^2，占全区面积的比例分别为 11.80%、12.36%、14.80% 和 19.68%。

（3）草地呈减少趋势。由 20 世纪 70—80 年代的 31.15 万 km^2 减少至 90 年代的 30.22 万 km^2、2000 年减至 25.99 万 km^2，2010 年减至 24.61 万 km^2，占全区面积的比例分别为 49.70%、48.34%、41.56% 和 39.21%。

（4）居民地增加，未利用地减少。黄土高原前期耕地增加的原因是“以粮为纲”的政策，后期减少的主要原因是退耕还林（草）工程中对陡坡耕地的退耕；林地和居民地的增加，除了退耕还林（草）工程外，还与持续多年的水土保持生态建设、社会经济发展后人们对自然的干扰减少有关（图 1、图 2）。

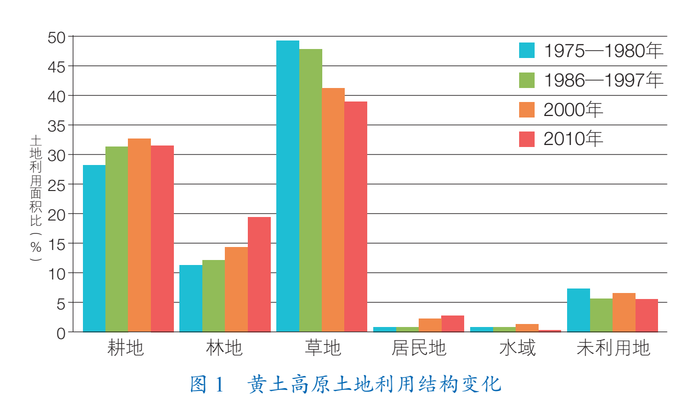


图 1 黄土高原土地利用结构变化

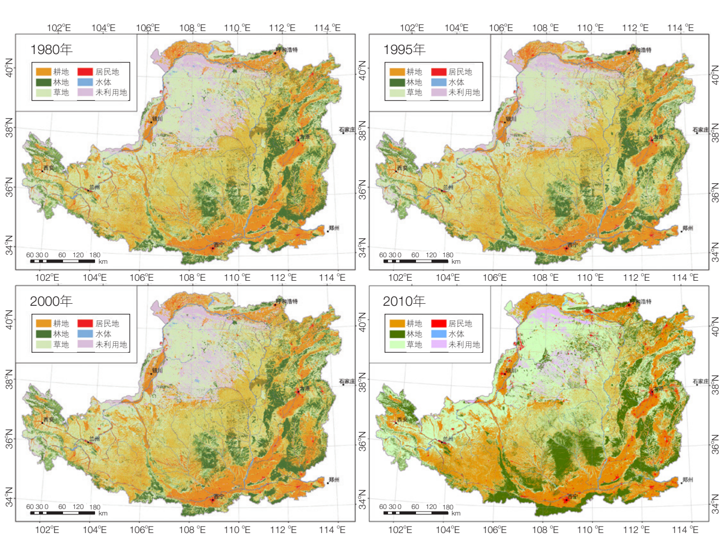


图 2 黄土高原土地利用图（1980—2010 年）

黄土高原中部是水土流失治理重点区，也是土地利用变化最显著的地区。该区域典型样区（面积约 400 km^2）统计表明（图 3），耕地先略为增加，然后减少，如吴起样区耕地由 36.70% 增至 41.44%，然后减少到 14.43%；林地增加，如吴起样区林地由1.33% 增至 21.05%；草地的变化有增加（如绥德）、稳定（如吴起）和减少（如延安、离石）3 种情形。草地的增加或稳定（吴起和绥德），与本地区耕地急剧减少有关；草地的减少（延安和离石），与当地耕地变化幅度相对较小、林地明显增加有关。

2.3 植被覆盖动态变化

自 20 世纪 80 年代初开始，30 多年来植被覆盖逐年明显增加，黄土高原植被覆盖度变化在时间和空间上有所差异，这与该地区气候变化和人为活动有着密切联系。从空间格局特征看，中部丘陵区（丘 I，丘 II）和土石山区明显增加，NDVI（植被覆盖度指数）均值由 0.21 增加到 0.48，净增加 128.6%（图 4）。从时间看，1982—2013 年，NDVI 均值由 0.30 上升到 0.45，净增加 50.0%，夏天变化尤为明显，由 0.36 增至 0.59，增幅 63.9%（图 4）。从时间看，NDVI 增加主要发生在春、夏两季，占全年总增量 60% 以上（图 5）。

自2000 年以来，黄土高原植被变化的区域特征为：（1）按省区看，陕西增幅最大，为 0.47%；青海增幅最小，为 0.16%；山西、宁夏、甘肃、内蒙古分别增长 0.38%、0.33%、0.31%、0.23%。（2）从黄河各支流看，延河流域增幅最大，为 1.14%；无定河次之，为 0.59%；渭河干流增幅最小，仅为 0.43%。（3）从黄土高原侵蚀类型区看，水力侵蚀区植被覆盖增长速率较快，风力侵蚀区则较缓。所有这些变化首先与 1999 年以来退耕还林（草）政策的实施有关，其次也与社会经济发展后的自然恢复和人工干扰减少有关。

2.4 土壤水文生态动态变化

黄土高原植被恢复引起土壤干燥化现象受到普遍关注，目前黄土高原土壤干层分布广泛，表现出明显的空间变异和独特的分布格局（图 6）。土壤干层的平均厚度为 160 cm，在剖面上起始形成深度平均为 270 cm。区域尺度上土壤干层厚度的变异程度属于强变异（CV = 110%），土地利用对土壤干层具有极显著的影响。地统计结果表明黄土高原地区土壤干层厚度具有强烈的空间依赖性，而干层起始形成深度呈中等空间依赖性。干层厚度和起始形成深度的空间变程分别为 34 km 和 125 km，空间异质比分别为 79% 和 50%。

在黄土高原西部（即宁夏盐池—陕西定边—宁夏固原—甘肃静宁—甘谷一线以西）和中部地区特别是陕西

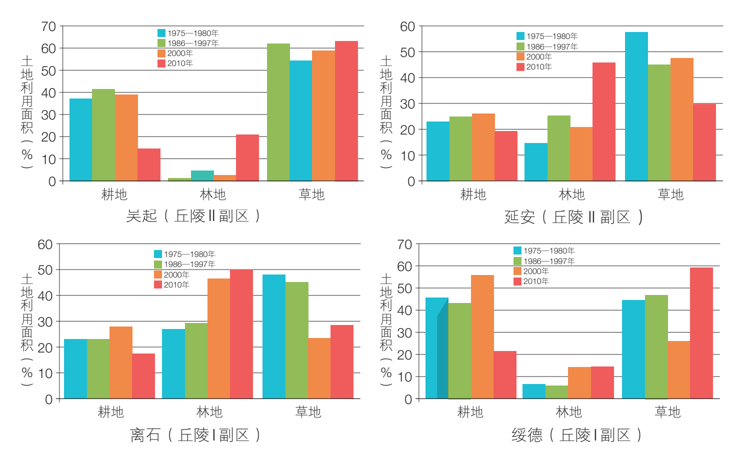


图 3 黄土高原典型样区土地利用变化

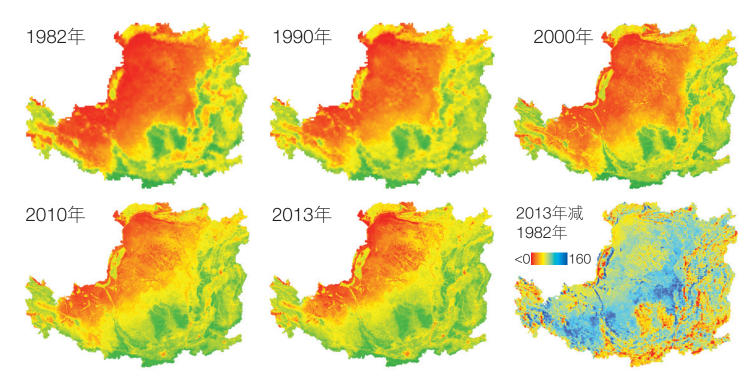


图 4 黄土高原植被覆盖度（NDVI）变化时空图谱 (1982—2013 年)

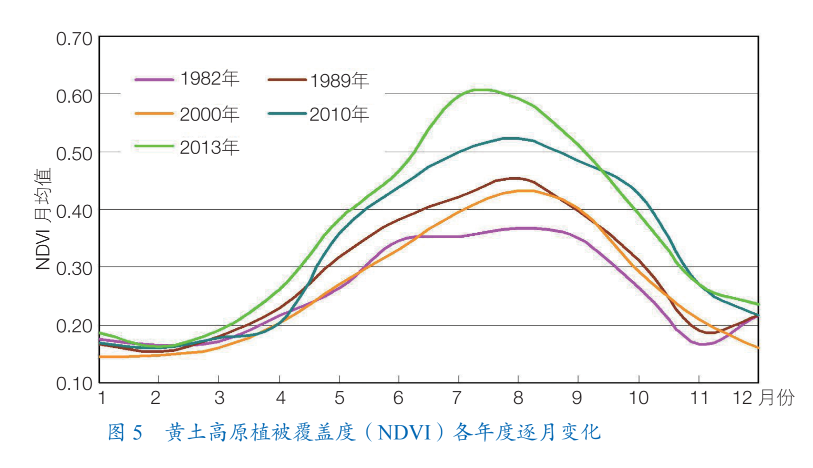


图 5 黄土高原植被覆盖度（NDVI）各年度逐月变化

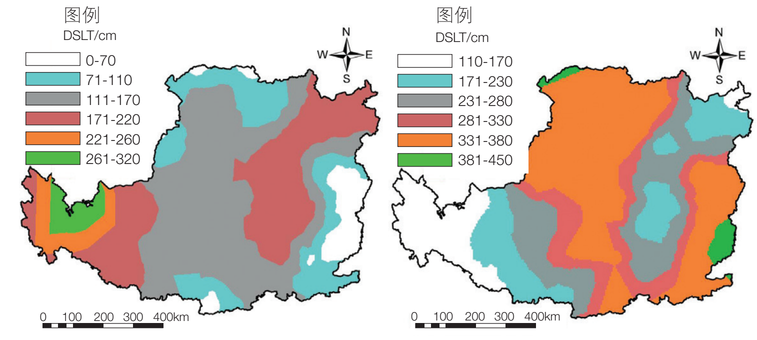


图 6 黄土高原地区土壤干层厚度（DSLT）与深度（DSLFD）分布 [5]

和山西交界的沿黄河地区，土壤干层厚度较厚；而在黄土高原沿黄灌区（如宁夏、内蒙灌区）、内陆灌区、汾河灌区、南部关中平原等地较薄[5]。黄土高原地区的林地普遍存在下伏土壤干层（125个样地中有102个样地存在土壤干层），干层发育较草地和农地严重（干层起始形成深度为140 cm，干层厚度为304 cm，干层内土壤含水量为7.9%）。

确定了黄土高原中部沿降水梯度带的最适植被盖度指标（即：叶面积指数LAI）。根据黄土高原降水量从东南向西北递减，土壤质地由细变粗，植被类型由乔木林、乔灌混交林向灌木林和灌木草原过渡的分布特点，利用土壤—植被—大气水量转化模型，确定各降水梯度带适宜的植被叶面积指数[6]：人工乔木林适生区（降水量大于550 mm）最适宜叶面积指数范围是2.5<LAI<3.5；人工灌木适生区（降水量250—350 mm）最适宜叶面积指数范围是0.8<LAI<1.5；人工乔冠过渡区域（降水量350—500 mm）最适宜叶面积指数范围是1.5<LAI<2.5；降水量小于250 mm时最适宜叶面积指数范围是LAI<0.8。

2.5 土壤侵蚀动态变化

黄土高原土壤侵蚀以水蚀为主，2000—2010年11年的平均土壤侵蚀强度为15.2 t/（$hm^2 \cdot a$）。中度以下侵蚀强度（< 25 t/（$hm^2 \cdot a$））占到整个黄土高原的80.5%，主要分布在河谷平原区、山西东部黄土丘陵区、土石山区及地势比较平坦的风蚀地区（图7）。土壤侵蚀强度比较大的区域呈东北—西南向分布于黄土高原中部的黄土丘陵沟壑区和黄土高塬沟壑区。

2000—2010年黄土高原土壤侵蚀强度整体上呈显著下降的趋势，并具有明显的区域性差异（图8）。土壤侵蚀强度变化最大的区域分布在黄土丘陵沟壑区和黄土高塬沟壑区，该地区2000和2010年平均侵蚀强度约32.0 t/（$hm^2 \cdot a$），其中坡耕地侵蚀强度为38.7 t/（$hm^2 \cdot a$），局部地段土壤侵蚀依然较强[7]。遇到强降水年，土壤侵蚀强度依然较大。如延河流域2013年降水量767.21 mm（是多年平均降水量的140%多），土壤侵蚀模数和输沙模数分别为50.45 t/（$hm^2 \cdot a$）和41.23 t/（$hm^2 \cdot a$）[7]，发生强烈土壤侵蚀的危险依然存在。2000—2010年中度以上侵蚀区土壤侵蚀强度以1—3 t/（$hm^2 \cdot a$）速度在减少，其主要分布在黄土高原重点水土流失区，包括黄土丘陵沟壑区和高塬沟壑区的陕西榆林、延安地区和山西吕梁、临汾地区等沿吕梁山脉一带和黄土高塬沟壑区的甘肃庆阳、定西、白银和宁夏固原、平凉等六盘山一带。侵蚀强度以大于1 t/（$hm^2 \cdot a$）速度增加的区域零星分布在山西太原、阳泉，内蒙古鄂尔多斯东部沿黄土高原边界一带和青海海南地区[8]。

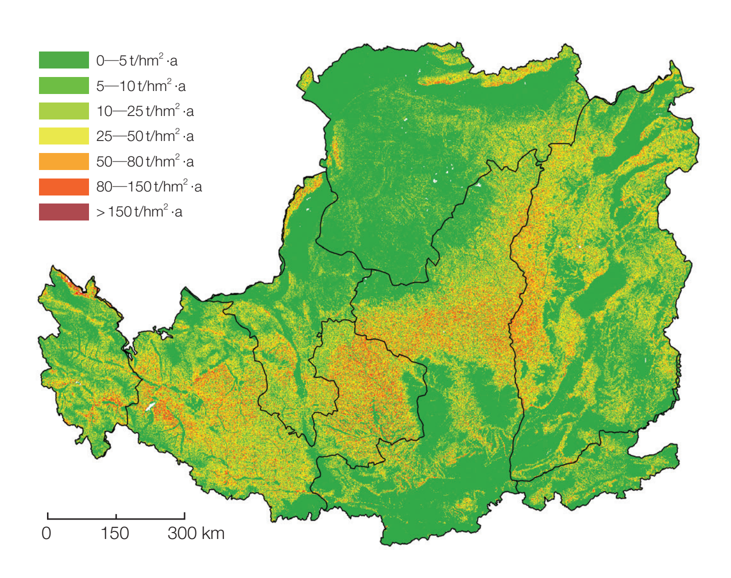


图7 黄土高原2000—2010年平均土壤侵蚀强度的空间分布[8]

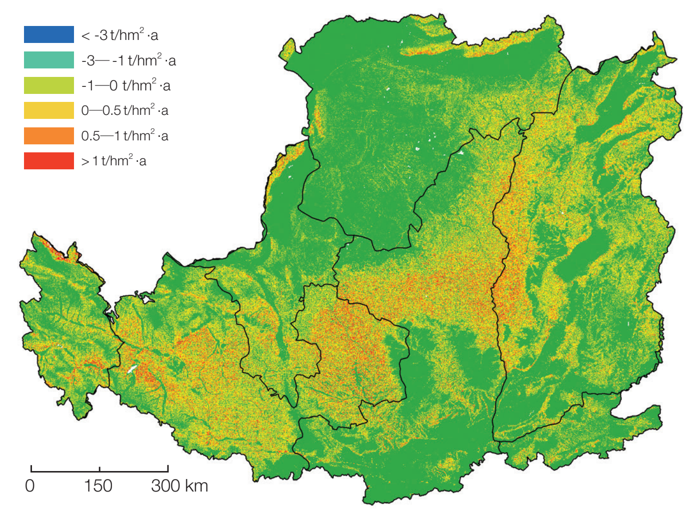


图8 黄土高原2000—2010年年均土壤侵蚀强度的变化[8]

2.6 河流径流和输沙量动态变化

自 20 世纪 70 年代以来，黄河流域潼关以上干支流水沙量持续减少，2000 年以后减少更多，尤其是 2008 年以来急剧下降。1919—1959 年潼关水文站实测年均径流量 426.1 亿 m^3、年均输沙量 15.92 亿 t。20 世纪 60 年代以后，黄河水沙总体呈减少态势，尤以 80 年代中期以后减少显著。20 世纪 70 年代、80 年代、90 年代水土保持措施减少泥沙的量分别为 3.05 亿 t、4.29 亿 t 和 4.21 亿 t。2000—2012 年潼关水文站年均输沙量减少至 2.76 亿 t，较 1919—1959 年平均值减少 82.7%；同期年均径流量减至 231.2 亿 m^3，减少了 45.8%。

与1919—1959年基准期相比，2000—2012 年黄河流域潼关以上年均减少径流量217.7 亿 m^3，其中降雨、下垫面变化、能源开发等对减流量的贡献分别为 2.1%、76.7% 和 21.2%，在下垫面变化各因素中，梯田、林草地（包括封禁）、坝地、经济社会用水、地表水、地下水超采等对减流量的贡献分别为 5.0%、9.8%、3.3%、37.8%、11.7% 和 9.1%。2000—2012 年黄河流域潼关以上年均减沙量为 13.7 亿 t，其中降雨、下垫面变化、河道采砂等对减沙量的贡献分别为 22.1%、71.5% 和 6.4%，在下垫面变化各因素中，梯田、林草地、坝地、水库河道等对减沙量的贡献分别为 11.9%、23.0%、22.0% 和 14.6%。水土保持措施对减沙起到了主导作用，水利措施及经济社会用水对减水起到了主导作用，降雨等自然因素对水沙变化的影响已处于相对次要的地位。自 20 世纪 80 年代以来，水利水土保持综合治理等人类活动对水沙变化的影响程度逐渐增强，而降雨的作用则相对减弱。例如，与 20 世纪 70 年代相比，80 年代水利水土保持综合治理等人类活动对径流量、输沙量减少的贡献率均分别在 30%、40% 以上；90 年代人类活动对减水的作用升至 40% 以上，减沙作用升至 65% 以上；2000 年以来人类活动对水沙变化的作用明显进一步增强，坡面及沟道工程对控制黄河水沙起了主导作用。可以说，近年来坡面和沟道的生物和工程等多种措施共同作用，使常年降水条件下黄河输沙量被控制到了人类活动影响之前的程度。但应当认识到，随着坝库等工程措施拦沙能力的逐渐下降，维持一个可持续的植被生态系统对有效保持土壤和控制黄河输沙量反弹具有更加重要的作用。

2.7 经济结构动态变化

黄土高原地区1995—2010 年间社会经济发展情况处在连续向好的态势，生态修复工程带来的社会经济效益显著。从经济结构来看，1995—2010 年间该区第二产业和第三产业产值增长态势明显，而第一产业表现为先下降后增长（图 9）。其中，第一产业产值 1996 年最高为 588.52 亿元，2001 年达到最低的 441.91 亿元，经历了2000—2004 年的低谷期之后开始回升，由 2004 年的 482.75 亿元上升至2010年的 579.69 亿元；1995—2010 年间，该区第二产业和第三产业产值逐年增加，第二产业由 1995 年的 1 254.43 亿元增至 2010 年的 4 670.19 亿元，年均增长率达 18.15%，第三产业也由 1995 年的

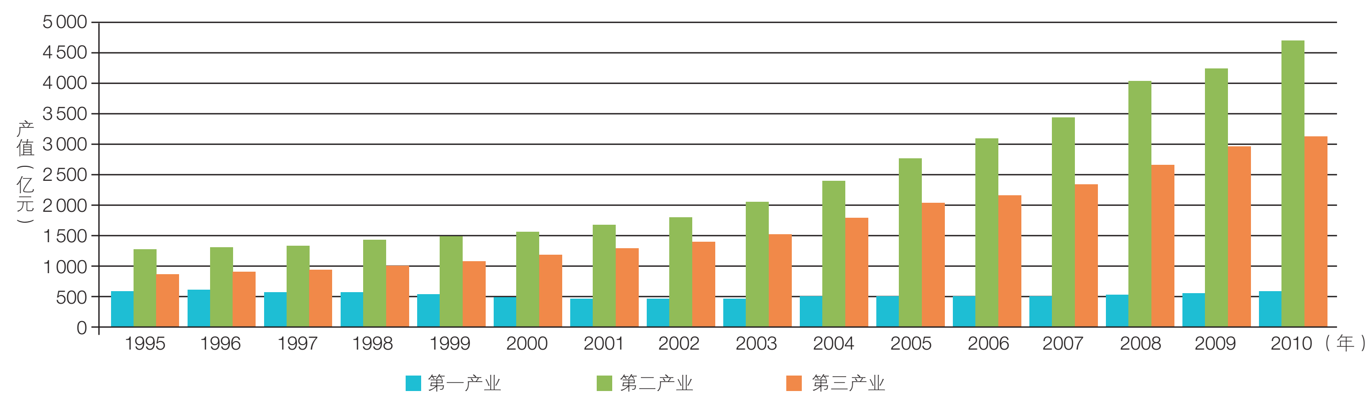


图 9 黄土高原地区三次产业产值变化动态

852.25 亿元增至 2010 年的 3 108.40 亿元，年均增长率为 17.65%。

从三次产业占比来看，1995—2010 年间黄土高原地区第一产业所占比重逐年下降，第二产业逐年上升，第三产业比重先上升后平稳。其中，1995 年第一、二、三产业比重分别为 21.40%、46.80% 和 21.80%；2001 年后第一产业占比下降速度逐渐趋于缓慢；第二产业比重自2002 年后不断增加，增加幅度最大；第三产业在经历了1995—2000 年一段时间的快速上升之后增速渐缓；2010 年第一、二、三产业比重分别为 6.94%、55.87% 和 37.19%。2000—2003 年是黄土高原三种产业结构转变的关键节点，而这一时期也是该区生态修复工程实施的初始期。前期的产值下降可能是该区实施的退耕还林（草）政策导致了耕地面积的下降，而后期的增长则可能是由于技术进步带来的单位面积产值与农产品附加值的增加。

3 水土保持与生态工程建设的对策与建议

（1）加大水土流失防治力度，推进以植被生态功能提升为核心的生态工程。在黄土高原维持一个可持续的植被生态系统对有效保持土壤和控制黄河输沙量反弹具有更加重要的作用。遵循地带性规律和因地制宜原则的前提下，持续增加林草植被覆盖率和提高林草措施质量，提升人工植被稳定性，强化水土保持功能；继续实施退耕还林（草）工程，加强水土保持综合治理工程，继续推进以坡改梯为重点的土地整治和小流域综合治理；加大植被保护力度，全面实行生态公益林补偿机制，实施天然林保护，强化封山育林，充分发挥黄土高原地区的自然修复能力。

（2）实施生态工程跟踪监测，为水土保持与生态建设科学决策提供依据。建立健全各级水土流失监测机构，加强落实监测队伍建设，配备监测设施设备，提高监测工作的组织保障能力；建立并完善水土保持与生态建设工程效益监测评价体系，对生态工程实施进展及成效做出客观的监测，科学评估生态工程实施的生态环境效应、社会经济效益、生态服务功能价值以及生态经济可持续性，为工程建设与科学部署后续生态工程提供基础数据。

（3）强化水土保持与生态建设科学研究，发展与丰富现代水土保持学科。在新的社会经济背景下，要进一步明确黄土高原地区土壤保持、粮食生产、草畜业的战略定位和科学布局，辨析区域土壤侵蚀的区域分异特征以及水沙关系的变异规律，确定维持区域水土保持功能的植被结构特征阈值，发展生态系统水土资源承载力定量评价和管理模型，以推进黄土高原地区退化生态系统生态服务功能的可持续修复。

（4）优化产业结构，重视农户转移就业，减轻生态环境承载压力。对生活条件恶劣，地质灾害频繁的地区，实施生态移民，有计划地开展实施异地扶贫搬迁，落实国家精准扶贫的目标；对水土流失地区的富余劳动力，开展专业性技能培训，为农户非农自主经营提供小额贷款、完善农村社会保障体系，提高农民素质与就业能力，为农户创造更多的非农就业机会，排除农户难以向非农产业转移的障碍，使更多农村剩余劳动力逐渐从传统小农生产中转移出来，并达到更高的收入水平。

（5）完善政策机制，强化依法防治，严格执行实施水土保持防治法律法规。建立稳定的投入机制，加大对水土流失防治的资金投入；完善金融扶持和税收优惠等政策，引导企业、个人等社会资金积极投入水土流失防治事业；尽快研究制订《生态补偿条例》，完善水土保持防治法律体系；加大普法教育力度，增强广大群众的生态保护意识和法制观念；强化退耕还林（草）补助、落实水土保持生态补偿、完善生态工程管护，夯实巩固生态治理成果；严格执行《水土保持法》《森林法》《草原法》等法律法规，加大对破坏生态行为的执法力度；统筹处理生态修复与社会经济发展的关系，建立生态修复政策实施长效机制，在确保生态效益的前提下，最大程度发挥经济效益，兼

顾长远的社会效益。

致谢 本研究中，土地利用分析采用了中科院地理科学与资源所、遥感与数字地球所提供的部分数据，特此致谢。

参考文献

1 唐克丽, 主编. 中国水土保持. 北京: 科学出版社, 2004.

2 李敏. 水土保持对黄河输沙量的影响. 中国水土保持科学, 2014, 12(6): 23-29.

3 刘晓燕, 杨胜天, 李晓宇, 等. 黄河主要来沙区林草植被变化及对产流产沙的影响机制. 中国科学: 技术科学, 2015, 45(10): 1052-1059.

4 姚文艺, 冉大川, 陈江南. 黄河流域近期水沙变化及其趋势预测. 水科学进展, 2013, 24(5): 607-616.

5 Wang Y Q, Shao M A, Zhu Y J, et al. Impacts of land use and plant characteristics on dried soil layers in different climatic regions on the Loess Plateau of China. Agricultural and Forest Meteorology, 2011, 151(4): 437-448.

6 Fu W, Huang M B, Gallichand J, et al. Optimization of plant coverage in relation to water balance in the Loess Plateau of China. Geoderma, 2012, s 173-174: 134-144.

7 杨勤科, 等. 基于GIS的黄土丘陵区年侵蚀产沙经验模型研究. 西安: 西北大学城市与环境学院, 2015.

8 Sun W, Shao Q, Liu J. Soil erosion and its response to the changes of precipitation and vegetation cover on the Loess Plateau. Journal of Geographical Sciences, 2013, 23(6): 1091-1106.

Ecological Effects of Soil Conservation in Loess Plateau

Liu Guobin[1,2] Shangguan Zhouping[1,2] Yao Wenyi[3] Yang Qinke[4] Zhao Minjuan[2]

Dang Xiaohu[5] Guo Minghang[1,2] Wang Guoliang[1,2] Wang Bing[1,2]

(1 Institute of Soil and Water Conservation, CAS & MWR, Yangling 712100, China;

2 Northwest A&F University, Yangling 712100, China;

3 Yellow River Institute of Hydraulic Research, Zhengzhou 450003, China;

4 Northwest University, Xi’an 710127, China;

5 Xi’an University of Science and Technology, Xi’an 710054, China)

Abstract The Loess Plateau is the most serious area for soil and water loss (SWL) in the world, and is the key area for soil and water conservation and ecological construction in China. A series of projects, including the Small Watershed Management Project, Soil and Water Conservation Key Project, Grain for Green Project, Check Dam Construction Project, and the Slope Farmland Regulation Project, have been carried out in this area since 1980s. Soil and water erosion was controlled and the ecosystem was restored gradually due to those projects. In order to evaluate the ecological effect for those projects, the dynamics changes of land use and vegetation cover, soil erosion, runoff, sediment transport amounts, and social economic structure were analyzed in different scales from plots-small watershed-region based on model building and long-term position monitoring for ecological processes of field stations. The results showed the ecological environment improved significantly, the area and intensity of SWL veduced greatly, and while the social and economic developed rapidly. while serious loss of soil and water still occurred at some plots or areas, and thus ecological restoration and management are needed urgently. The direction and strategy were suggested including ecological building, discipline construction, policy management, and industrial structure adjustment for the incoming ecological projects.

Keywords Loess Plateau, soil and water conservation, ecological construction, ecological benefit, grain for green project

刘国彬 中科院水利部水土保持所所长，西北农林科技大学水土保持所所长，研究员，*Inter. J. of Soil and Water Conservation* 副主编，《水土保持通报》主编，中国水土保持学会副理事长，中国水土保持学会水土保持与生态修复专业委员会副主任；获国务院政府特殊津贴、首届周光召农业科学奖；入选国家“百千万人才工程”，陕西省有突出贡献专家。主要从事黄土高原水土保持与生态修复研究与示范。E-mail: gbliu@ms.iswc.ac.cn

Liu Guobin Director of Institute of Soil and Water Conservation, CAS & MWR, also serves as the Associate Editor for *International journal of Soil and Water Conservation*, Editor-in-Chief for *Bulletin of Soil and Water Conservation*, and Vice Chairman of Chinese Society of Soil and Water Conservation. His current research interests include soil and water conservation, vegetation restoration. E-mail: gbliu@ms.iswc.ac.cn